

PEMANFAATAN LIMBAH BATUBARA (*FLY ASH*) UNTUK BAHAN STABILISASI TANAH DASAR KONSTRUKSI JALAN YANG RAMAH LINGKUNGAN

Zuraidah Jauhari¹⁾, Achmad Fauzi²⁾, Usama Juniansyah Fauzi³⁾

¹⁾Fakultas Teknik Universitas IGM Palembang

e-mail:fauzi-phd@yahoo.com

²⁾Assoc Prof. at the Faculty of Civil Engineering and Earth Resources,

University Malaysia Pahang, Malaysia

e-mail:fauziwahab@ump.edu.my

³⁾Doctoral Course of Civil Engineering,

Graduated School of Engineering, The University of Tokyo, Japan

ABSTRAK

Penggunaan batu bara sebagai sumber energi meningkat pesat di saat Indonesia mengalami krisis energi akibat kenaikan harga bahan bakar minyak dunia dan peningkatan kebutuhan energi dalam negeri. Produksi batubara pada tahun 2010 diperkirakan sekitar 230 juta ton, di mana 68,5 juta ton di antaranya dipasok untuk kebutuhan domestik (45-46 juta ton di antaranya untuk kebutuhan pembangkit). Sumatera Selatan merupakan lumbung batubara yang memiliki pembangkit tenaga listrik tenaga batu bara layak menjadi pelopor pemanfaatan limbah batu bara. Industri tenaga listrik tenaga batu bara menghasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), dimana sekitar 10%-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80%-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan. Hasil limbah yang sangat besar ini berpotensi dimanfaatkan secara optimal untuk bahan stabilisasi tanah dasar konstruksi jalan. Publikasi ini mengemukakan penggunaan limbah batu bara (*fly ash*) sebagai bahan stabilisasi tanah dasar untuk konstruksi jalan yang diambil secara acak dalam Kota Kuantan, Pahang, Malaysia. Pegujian laboratorium dilakukan untuk menilai engineering propertis tanah dasar, kepadatan, dan California Bearing Ratio (CBR). Stabilitas tanah - *fly ash* beberapa sampel tanah menggunakan kadar 4%, 8% dan 12% (total berat sampel), kemudian di uji nilai kepadatan serta CBR pada kadar air optimum. Hasil pengujian menunjukkan bahwa stabilisasi tanah bergantung kepada engineering propertis tanah dasar dan kadar *fly ash* dalam sampel. Nilai CBR untuk semua sampel naik secara signifikan, kenaikan nilai tersebut sangat bergantung kepada kadar *fly ash* dan kadar air campuran.

Kata kunci: Keberlanjutan, Engineering Propertis Tanah, Stabilitas tanah, *California Bearing Ratio* (CBR)

ABSTRACT

Now days, Indonesia gets much the using of coal as alternative energy because increased of oil price and increased demand in the country. The expected production of coal in 2010 at about 230 million tons, where 68.5 million tons for local needs (45-46 million tons for electric power plant). Sumatera Selatan province is one of coal resources province in Indonesia and also has electric power plant have to promoted the utilizing of polluted material from electricity power plant. Industry electric coal power plant produced 5% polluted as fly ash and bottom ash, where 10-20% as bottom ash and as 80-90% fly ash. That polluted can be utilized as additives material in soil stabilization for road construction. This publication proposes an assessment of the utilization of lime, Portland cement (PC), fly ash as stabilizer of soft sub grades material in highway construction. The research conducts various contents of fly ash to different types of clay soils from various sites in Kuantan. The compaction tests and California Bearing Ratio (CBR) tests were applied in soil samples to estimate the optimum mixture design. The samples were set up by mixing soil samples with various content of fly ash and at optimum water content. The accomplishment of sub-grade stabilization depends on the engineering properties of soils and characteristic of additives. The laboratory result shows that the strength gain in stabilization mainly depends on two factors: additives content and molding water content. The variation content of fly ash and were 4%, 8% and 12% by total weight.

Keywords: Sustainable, Engineering Properties of Soil, Soil Stabilization, CBR

PENDAHULUAN

Tanah dasar lunak (*soft subgrade*) sering di jumpai dan menjadi permasalahan dalam pembangunan jalan di seluruh dunia, termasuk Sumatera Selatan (Sumsel). jalannya dibangun diatas *soft subgrade* antara lain di Kabupaten Musi Rawas, Musi Banyuasin, Banyuwasin, Ogan Ilir dan Ogan Komering ILir. Kerusakan struktur jalan pada daerah tersebut merupakan masalah yang sering terjadi dan berkelanjutan. Pendekatan teknik yang dilakukan selama ini adalah mengganti *soft sub grade* dengan bahan bermutu baik seperti batu pecah atau melakukan stabilisasi tanah dengan semen. Dikarenakan harga batu pecah dan semen sangat tinggi, engineer perlu mencari solusi lebih ekonomis dengan memanfaatkan limbah batu bara (*fly ash*) yang secara local tersedia di lokasi sebagai stabilisator *soft subgrade*.

Publikasi ini memberikan gambaran hasil pengujian laboratorium campuran tanah dasar lunak dengan *fly ash* sebagai bahan stabilisator. Pengujian dilakukan terhadap campuran tanah - *fly ash* dari enam sampel tanah *clay* yang diambil secara acak di Kota Kuantan, Pahang dan *fly ash* dari Kucing, Serawak, Malaysia. Pengujian engineering propertis, kepadatan standar dan CBR dilakukan terhadap tanah dasar dan tanah campuran *fly ash*. Stabilisasi tanah – *fly ash* dilakukan dengan kadar *fly ash* 4, 8, 12% dari berat total sampel. Pengaruh *fly ash* pada *engineering properties* stabilisasi tanah – *fly ash* akan didemonstrasikan pada publikasi ini.

TINJAUAN PUSTAKA

Fly ash

Fly ash merupakan limbah padat yang dihasilkan dari pembakaran batubara pada pembangkit tenaga listrik. Ada tiga tipe pembakaran batubara pada industri listrik yaitu *dry bottom boilers*, *wet-bottom boilers* dan *cyclon furnace*.

Apabila batubara dibakar dengan type *dry bottom boiler*, maka kurang lebih 80% dari abu meninggalkan pembakaran sebagai *fly ash* dan masuk dalam corong gas.

Apabila batubara dibakar dengan *wet-bottom boiler* sebanyak 50% dari abu tertinggal di pembakaran dan 50% lainnya masuk dalam corong gas. Pada *cyclon furnace*, dimana potongan batubara digunakan sebagai bahan bakar, 70-80 % dari abu tertahan sebagai boiler slag dan hanya 20-30% meninggalkan pembakaran sebagai *dry ash* pada corong gas. Type yang paling umum untuk pembakaran batubara adalah pembakaran

Fly ash yang dipergunakan dalam stalilisasi tanah pada pblikasi ini didapat dari Sarawak, Malaysia. Menurut the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) – *fly ash* diklasifikasikan sebagai limbah “non-hazardous.” dan *fly ash* tidak menyebabkan pencemaran pada air. *Fly ash* telah banyak digunakan di banyak Negara dan tidak menyebabkan problema kesehatan pada masyarakat.

Potensi penggunaan *fly ash* sebagai bahan stabilisator *soft sub grade* sangat besar karena Indonesia merupakan penghasil terbesar batu bara dunia dan pemanfaatannya sebagai sumber enegi penganti berkembang dengan pesat, Produksi dan cadangan batu bara Sumsel yang diberikan oleh Tim Kajian Batubara Nasional, Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara tahun 2006 diberikan pada Tabel 1.

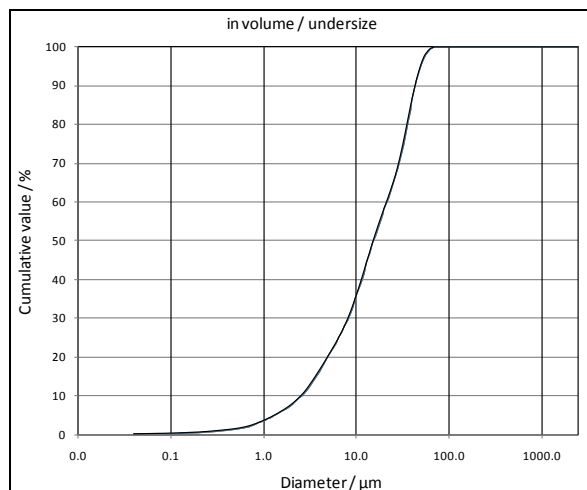
Tabel 1. Kualitas dan Sumberdaya Batu Bara Sumsel

| KUALITAS | | SUMBER DAYA (JUTA TON) | | | | | CADANGAN (JUTA TON) |
|---------------|-----------------------|------------------------|----------|----------|----------|-----------|---------------------|
| KELAS | KRITERIA (Kal/gr.adb) | HIPOTETIK | TEREKA | TERUNJUK | TERUKUR | JUMLAH | |
| Kalori rendah | < 5100 | 326.55 | 7,400.27 | 2,300.07 | 1,358.00 | 11,384.89 | 2,426.00 |
| Kalori sedang | 5100 - 6100 | 198.93 | 1,629.28 | 9,139.87 | 366.06 | 11334.10 | 186.00 |
| Kalori tinggi | 6100- 7100 | 0.00 | 31.00 | 433.89 | 14.00 | 478.89 | 67.00 |

Sumber: Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara (2006)

Nilai CBR meningkat dengan meningkatnya kadar fly ash dalam campuran tanah-fly ash untuk beberapa tipe tanah (Senol *et al.*, 2003). Nilai CBR beberapa tipe tanah lempung Kuantan meningkat secara signifikan dengan peningkatan kadar fly ash dalam campuran tanah – *fly ash* (Fauzi, *et al.*, 2010).

Grafik distribusi ukuran butir *fly ash* diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Distribusi Ukuran Butir Fly Ash (Sumber: Kucing, Sarawak)

METODE PENELITIAN

1. Engineering Propertis Tanah Lempung Kuantan

Engineering properties tanah lempung Kuantan hasil di uji di laboratorium dengan menggunakan standar BS 1377-2 1990 berupa Analisa Ukuran Butir (untuk material tertahan 0.075 mm diuji dengan sieve shaker dan untuk material lolos saringan 0.075mm di uji dengan CILAS 1180 Particle Size Distribution), Batas cair, Batas Plastis, Batas Penyusutan Linier, Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO dan spesifik graviti. Pemadatan Standar Dan CBR tanah di uji mengikuti standar BS 1377-4 1990. Engineering propertis dan klasifikasi tanah ditunjukan pada Tabel 2 dan berat isi kering maksimum, optimum water konten di berikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Engineering Propertis Lempung Kuantan

| No. SAMPLE | AASH TO CLASSIFICATION | PASSING SIEVE NO. | | | LL (%) | PI (%) | Gs |
|------------|------------------------|-------------------|-------|--------|--------|--------|------|
| | | 10 (%) | 40(%) | 200(%) | | | |
| S2 | A-7-6 | 95,98 | 85,92 | 55,88 | 63,50 | 37,80 | 2,67 |
| S4 | A-7-6 | 92,80 | 83,12 | 52,82 | 30,50 | 11,56 | 2,65 |
| S6 | A-7-5 | 78,42 | 60,17 | 52,82 | 51,50 | 14,50 | 2,66 |
| S8 | A-7-5 | 82,52 | 57,40 | 54,17 | 53,50 | 14,83 | 2,78 |
| S24 | A-7-6 | 85,73 | 52,62 | 50,09 | 47,50 | 12,58 | 2,65 |
| S25 | A-7-6 | 85,73 | 58,03 | 53,67 | 40,00 | 12,58 | 2,64 |

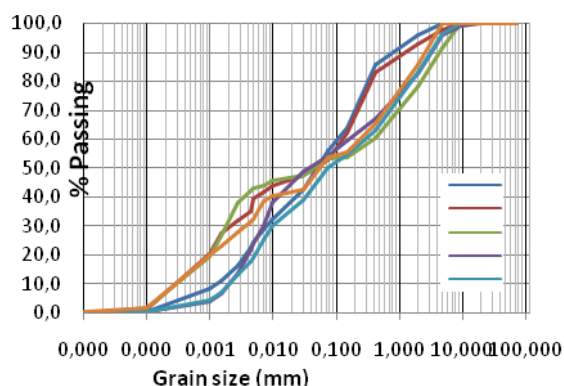
Sumber: hasil analisis (2010)

Tabel 3. Berat Isi Kering Maximum, Kadar Air Optimum dan Nilai CBR Lempun Kuantan

| SAMPLE NO. | S2 | S4 | S6 | S8 | S24 | S25 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\gamma_{d,max}$ | 1.83 | 1.68 | 1.45 | 1.60 | 1.83 | 1.90 |
| w_{op} | 22.00 | 18.60 | 24.00 | 22.00 | 20.00 | 19.00 |
| CBR | 3.37 | 2.43 | 1.78 | 3.30 | 2.90 | 3.70 |

Sumber: hasil analisis (2010)

Grafik pembagian butir tanah lempung Kuantan di berikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Pembagian Butir Tanah Lempung Kuantan
(sumber: hasil analisis, 2010)

Dari hasil pengujian analisis butir, pengujian batas cair dan batas plastis serta analisa klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO didapati bahwa hampir semua sampel berupa tanah lempung plastis tinggi. Tanah tersebut tidak dapat dipakai langsung sebagai bahan timbunan, tanah dasar

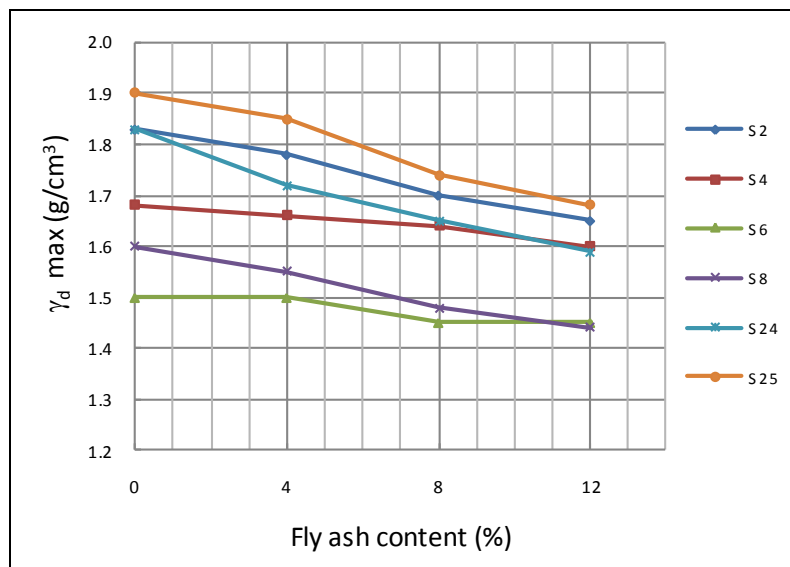
konstruksi jalan dan bila penggunaannya tidak dapat dihindari maka tidak boleh diletakan langsung di bawah lapisan bawah permukaan.

3.2. Engineering propertis stabilitas tanah-fly ash

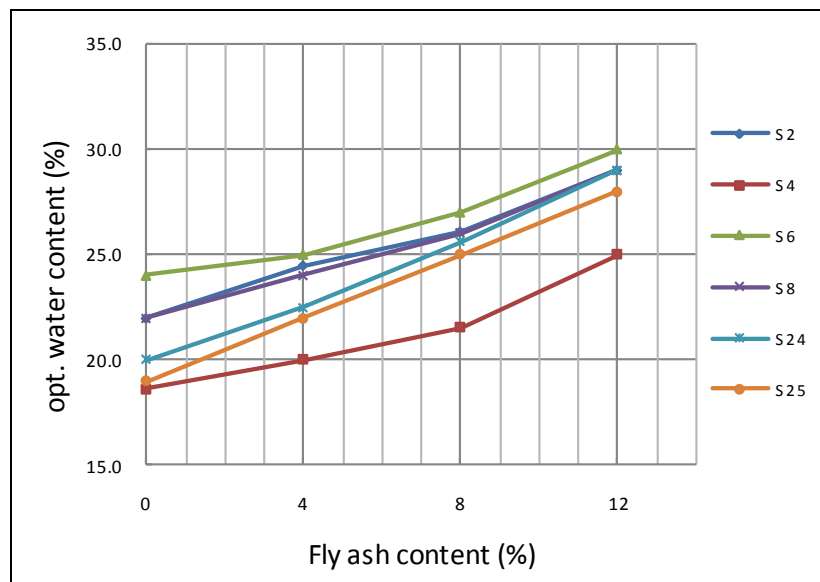
a. Pengujian Kepadatan Standar

Sampel campuran dipersiapkan mendekati kondisi sebenarnya di lapangan disaat musim hujan, yaitu dengan kadar air diperkirakan 7% lebih besar dari kadar air optimum dan di uji berdasarkan prosedur BS 1377-4 1990. Kurva kepadatan yang berhubungan dengan kadar air optimum dan berat isi kering untuk setiap campuran didapatkan.

Sampel tanah kering udara yang lolos saringan a 20 mm di campur dengan fly ash sesuai persentase yang ditentukan dan diaduk sampai merata. Kemudian campuran tanah-fly ash tersebut diberi air suling sesuai kebutuhan. Semua campuran tanah-fly ash dibuat dengan kadar fly ash 4, 8 dan 12% dari berat total sampel tanah. Hubungan antara kadar fly ash dan berat isi kering untuk setiap campuran tanah-fly ash diberikan pada Gambar 3. Hubungan antara kadar air optimum dan kadar fly ash untuk setiap campuran diberikan pada Gambar 4.



Gambar 3. Grafik hubungan antara kadar *fly ash* dan berat isi kering tanah untuk semua campuran (sumber: hasil analisis, 2010)



Gambar 4. Grafik hubungan antara kadar *fly ash* dan kadar air optimum untuk setiap campuran (sumber: hasil analisis, 2010)

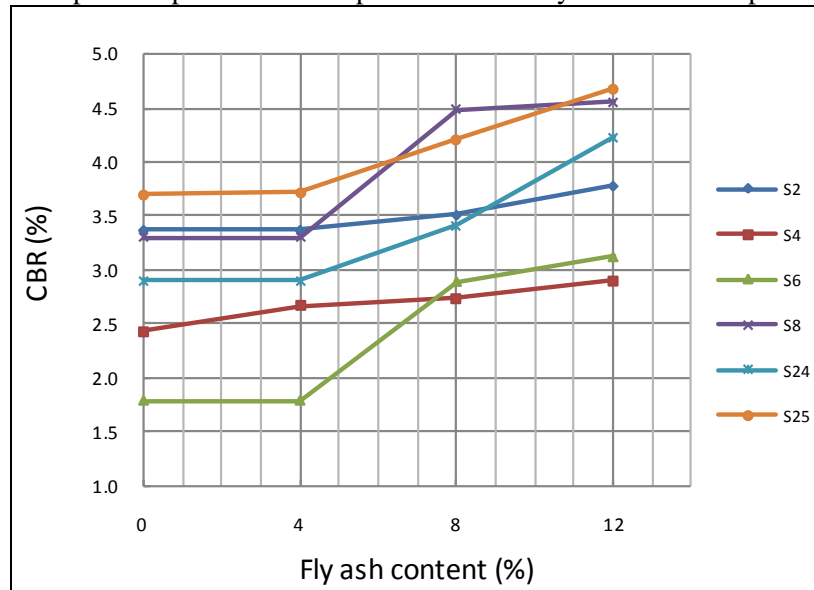
b. Pengujian CBR

Nilai CBR secara luas dipergunakan dalam perencanaan struktur perkerasan jalan yang terdiri dari lapis tanah dasar, sub base, base dan lapis permukaan. Dalam pengujian CBR material yang dipakai adalah material kering uadara yang lolos saringan standar 2.00 mm. Pengujian CBR rendaman (soaked) dilakukan

terhadap tanah lempung Kuantan dan tanah campuran dengan *fly ash* pada kadar air optimum pada pengujian pemadatan standar..

Pengujian CBR (soaked) ini dilakukan mengikuti prosedur standar BS 1377-4 1990, kadar *fly ash* dalam campuran setiap sampel tanah adalah 4, 8 and 12% dari total berat sampel. Hasil pengujian yang memberikan nilai

CBR campuran tanah per sampel untuk setiap kadar fly ash diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan antara kadar fly ash dan nilai CBR untuk semua campuran (sumber: hasil analisis, 2010)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa hampir semua sampel tanah merupakan lempung plasisitas tinggi, A-7-6 dalam AASHTO klasifikasi sistem. Tanah lempung tersebut tidak dapat dipakai langsung sebagai bahan timbunan dan bila penggunaannya tak dapat dihindari, maka harus diletakan pada bagian bawah dari subgrade atau timbunan. Penggunaan fly ash sebagai stabilisator akan memperbaiki kualitas engineering properties tanah dan nilai CBR.

Pengujian kepadatan menunjukkan berat isi kering maksimum semua campuran tanah-fly ash menurun dengan meningkatnya kadar fly ash dalam campuran.

Secara umum terlihat bahwa kenaikan kadar fly ash menyebabkan kenaikan nilai CBR pada semua campuran tanah fly ash. Kenaikan nilai CBR pada sample no. 24 sangat signifikan dan sampel no. 2 tidak begitu signifikan.

Selain tergantung pada kadar fly ash, kenaikan nilai CBR juga ditentukan oleh kadar air campuran.

KESIMPULAN

Pengujian engineering properties menunjukkan bahwa hampir semua sampel tanah berupa tanah lempung plastisitas tinggi, yang termasuk dalam A-7-6 dalam Sistem Klasifikasi Tanah berdasarkan AASHTO. Tanah lempung tersebut tidak dapat dipakai langsung untuk bahan timbunan konstruksi jalan. Dalam penelitian ini engineering properties tersebut dapat ditingkatkan kualitasnya dengan melakukan stabilisasi menggunakan fly ash sebagai stabilisator.

Peningkatan kualitas engineering properties campuran tanah-fly ash tersebut tergambar secara signifikan. Pengujian CBR. Stabilitas tanah-fly ash dengan kadar fly ash 4, 8, 12% dari berat total sampel tanah dan dipadatkan pada kadar air optimum

memberikan peningkatan nilai CBR pada semua sampel.

Peningkatan nilai CBR pada semua campuran secara signifikan tersebut memberikan alternative solusi lebih ekonomis dan ramah lingkungan bagi perbaikan subgrade pada kontruksi jalan raya serta merupakan salah astu solusi permasalahan limbah buangan industri listrik tenaga batu bara.

Berdasarkan penelitian ini stabilitas tanah - fly ash layak dipergunakan dan akan lebih ekonomis pada konstruksi jalan di Sumsel khususnya Muara Emin, Prabumulih, Ogan Ilir dan Ogan Komering Ilir mengingat daerah tersebut dekat pembangkit listrik tenaga batubata Bukit Asam.

DAFTAR PUSTAKA

- Amadi, A. 2010. *Evaluation of Change in Index properties of Lateritic Soil Stabilized with Fly Ash*. Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, pp 69-78.
- American Association of State Highway and Transportation Official. (1982). *Part II Test*. AASHTO, Thirteenth Edition.
- A. Hilmi Lav, M. Aysen Lav. et.al. 2006. *Analysis and design of a stabilized fly ash as pavement base material*. Science Direct, Elsevier, Fuel 85, pp 2359-2370.
- BS 1377-4 1990. (1990). *Methods of Test for Soils for Civil Engineering purposes*. part 4. Compaction-related Test. BSI.
- Fauzi, A., Usama Juniansyah Fauzi, Wan Mohd Nazmi. 2012. *Engineering Quality Improvement of Kuantan Clay Subgrade Using Recycling and Reused Material as Stabilizer*. Proceeding the 2nd International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (ICRMC-2). Solo, pp 693-708.
- Fauzi, A., Wan Mhd Nazmi, and Usama Juniansyah Fauzi. 2011. *California Bearing Ratio (CBR) Improvement of Kuantan Clay Subgrade by Using Reused Material as Stabilizer*. Proceeding the 9th National Conference of the Indonesia Road Development Association (IRDA). Jakarta.
- Fauzi, A., Wan Mhd Nazmi, and Usama Juniansyah Fauzi. 2011. *Proposes of Implementation of Sustainable Subgrade on Highway Construction in South Sumatera by Using Coal Combustion Products (CCPs) as Stabilizer*. Proceeding the International Seminar of the Council of Indonesian State University (CRISU) and the Council of University President Thailand. Palembang, pp 236-241.
- Fauzi, A., Wan Mhd Nazmi, and Usama Juniansyah Fauzi. 2011. *Sub grade Stabilization of Kuantan Clay by using Lime, Port land Cement, Fly Ash, Bottom Ash*. Proceedings the 3rd International conference on Disaster Mitigation and Rehabilitation combined with the 5th International conference on Geotechnical and Highway Engineering. Semarang, pp 500-506.
- Fauzi, A., Wan Mhd Nazmi, and Usama Juniansyah Fauzi. 2010. *Sub Grade Stabilization Of Kuantan Clay By Using Fly Ashes And Bottom Ash*. Proceeding the 8th International conference on Geotechnical and Highway Engineering (Geotropika 2010), UTM. Sabah.
- Fauzi, A., Wan Mhd Nazmi. 2010. *Sub grade stabilization by using fly ashes, Kuantan clay soil case study*. Proceeding Konferensi Teknik Jalan ke 11 (KRTJ 11 Wiltim), Indonesian Road Development Association (IRDA). Bali.
- Kolias, V. Kasselouri-Rigopoulou, et.al. 2005. *Stabilization Of Clayey Soils With High Calcium Fly Ash And Cement*. Science Direct, Elsevier, Cement & Composites 27, pp 301-313.
- Wan Mhd. Nazmi, Fauzi Achmad. 2010. *Performance of Recycled High density Polyethylene (HDPE) and Low Density Polyethylene (LDPE) Pellet on the Conventional Properties of Bitumen*. Proceeding Konferensi Teknik Jalan ke 11 (KRTJ 11 Wiltim), Indonesian Road Development Association (IRDA). Bali.
- Wan Mhd Nazmi, Fauzi Achmad. 2010. *Influence of Recycled High Density Polyethylene on the Conventional and Morphology Properties of Bitumen*. Proceedings of Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology (MUCET). Melaka.
- Wan Mhd Nazmi, Fauzi Achmad. 2011. *Influence of Recycled High Density Polyethylene on the Conventional and Morphology Properties of Bitumen*. Journal of Engineering and Technology, MTUN, Malaysia. Special Edition.